

## 壁画の材料技法と地下水の上昇に関する研究

著者	三浦 定俊
雑誌名	保存科学
号	20
ページ	5-10
発行年	1981-03-25
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1440/00003361/">http://id.nii.ac.jp/1440/00003361/</a>



# 壁画の材料技法と地下水の上昇に関する研究

三 浦 定 俊

## 前 書 き

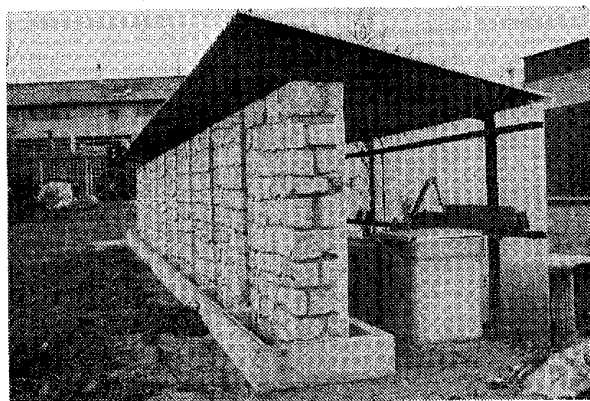
毛細管による壁への地下水の吸い上げを原因とする壁画、建造物の劣化現象の研究は、石造建造物の多い、欧米の保存科学者の間ではひとつの大きな研究課題となっている。我国では木造建造物が主であるため、その保存については白アリなどの虫害が主要な問題となってきたが、最近、磨崖仏など石造文化財の保存が焦眉の課題となってきた。

石造建造物に対する地下水の影響を調べるため一般に行われる研究は、試料を用いた実験室内での研究か、現在すでに劣化した建造物の環境調査が主であって、実物大の建造物を使った野外実験はまれである。

私は幸いにも1978年秋から翌秋にかけて文部省在外研究員として滞仏の機会を得、その間パリの歴史記念物研究所で、地下水の毛細管現象による上昇と壁画劣化との関係を、実物大の実験壁を用いて調べることができた。実験報告（フランス語）は歴史記念物研究所に提出したが<sup>1)</sup>、日本でも何かの役に立てばと思い、ここに翻訳して載せることにした。なお、この内容の一部は、昨年（1980年）10月オーストリアのウィーンで開かれた国際保存学会（IIC）大会で、歴史記念物研究所のステファナジー氏によって発表された<sup>2)</sup>。

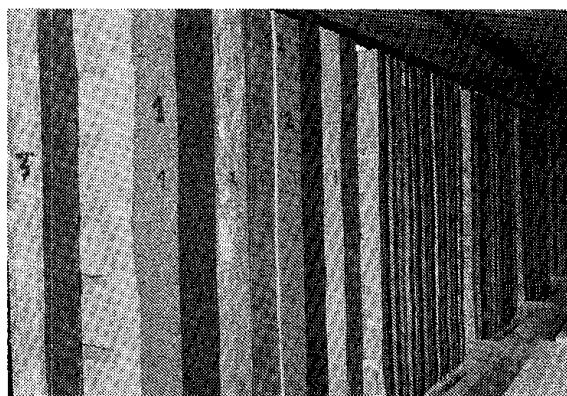
## 1. は じ め に

この研究は、壁画の材料・技法と壁への地下水の吸い上げとの関係を明らかにするために行われた。



図—1 実験壁の全景（壁の基部に鉛板を張った水溜めが見える）

Fig. 1 Experimented walls



図—2 実験壁の彩色

Fig. 2 Paintings of wall

実験に用いられた壁は、1978年春に木材科学技術研究所（CSTB）の構内に歴史記念物研究所（LRMH）によって建てられた高さ約1.9m、横幅約1.4m、厚さ約0.4mの石積みの壁10体である。壁は2種類の石灰——粉状石灰と塊状石灰<sup>注1)</sup>——を用い、5種類の技法——フレスコ（野呂のあるものとないもの）、フレスコ・セッコ（野呂のあるものとないもの）、デトランプ（野呂のあるもの）<sup>注2)</sup>——によって彩色している。彩色は4種類の顔料——黄土、紫土、緑青、丹——を用いている。

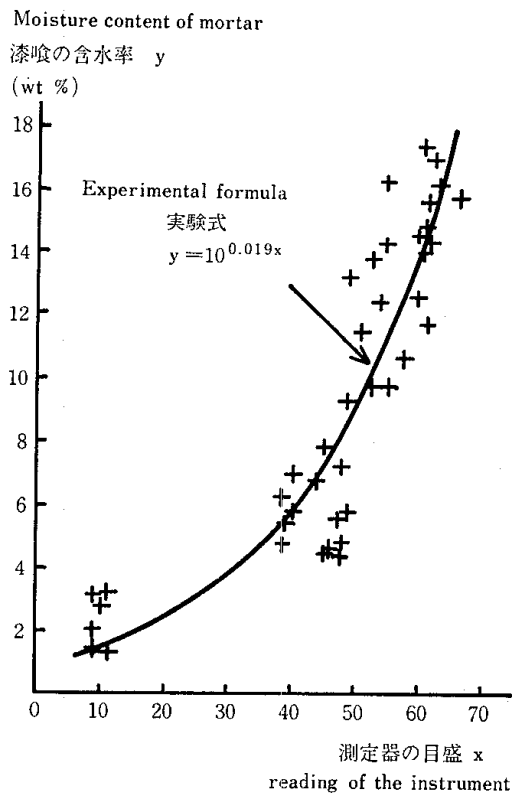


図-3 測定器の目盛と漆喰の含水率の関係  
Fig. 3 Relationship between the moisture content of mortar and the reading of the instrument

で、導電ゴムを押し当てて測定する方法では誤差が大きすぎるので、二針式の電気抵抗式測定器 (Gann Hydrometer HT75) によった。図-3にはこの測定器の目盛と、実験壁に用いられた漆喰の含水率 (秤量による絶対測定) との関係を示す。図中の曲線と式を、以下の実験で壁の含水率を求めるために用いた。

注目すべきこととして、壁画の彩色で緑青の部分は導電性が良いために、ここで用いた電気抵抗式含水率計は正しい値を示さず、他の彩色の部分より1%ほど高い値を示した。このため、この実験では紫土の部分で含水率測定を行った。

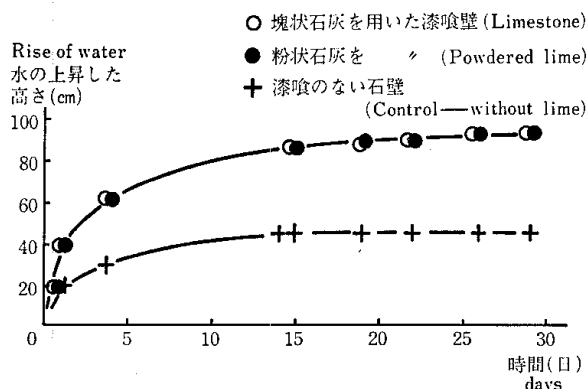


図-4 水の上昇した高さの時間変化  
Fig. 4 Rise of water in the walls

表 1 実験配置表

壁	壁の基部 への水	備 考	
彩色の ある壁	11	有	11と13に対する コントロール
	12		
	13		
	14	有	12に対する コントロール
	21	有	
	22	有	
	23	有	21と23に対する コントロール
24	有		
石壁のみ	31	有	31に対する コントロール
	32		

実験は1979年4月19日に開始され、同年6月まで行われた。

## 2. 地下水の上昇と壁表面の含水率の測定

壁の基部に一定の深さの水をたたえ実験を行ったが、いくつかの壁には水を入れずコントロールとして残した (表1)。水の上昇した高さは、壁の濡れを肉眼で見測定した。

壁表面の含水率測定は、表面の凹凸の影響

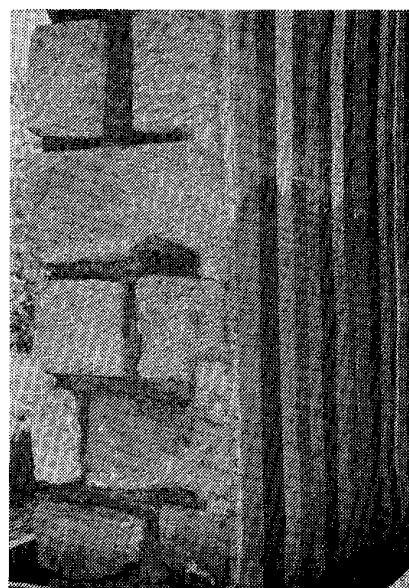


図-5 水の上昇した様子 (表面の漆喰に近い所ほど水が上昇している)  
Fig. 5 View of water rising through the mortar

表 2 壁画の材料技法と実験結果の対比

壁	区分	石灰	野呂	技 法	塩の析出	表面のひび割れ
11	1	粉状		フ レ ス コ	有	有
	2	"	有	"	有	
	3	"		セ ッ コ	有	
	4	"	有	デトランプ	有	
12	1	塊状	有	デトランプ		有
	2	粉状	有	"	有	
13	1	粉状		フ レ ス コ	有	有
	2	"	有	"	有	
	3	"		セ ッ コ	有	
	4	"	有	"	有	
	5	塊状	有	デトランプ		
	6	粉状	有	"		
14	1	粉状		フ レ ス コ		有
	2	"	有	"		
	3	"		セ ッ コ		
	4	"	有	デトランプ		
21	1	塊状		フ レ ス コ		有
	2	"	有	"		
	3	"		セ ッ コ		
	4	"	有	デトランプ		
22	1	粉状	有	デトランプ		有
	2	塊状	有	"		
23	1	塊状		フ レ ス コ	有	有
	2	"	有	"		
	3	"		セ ッ コ		
	4	"	有	"		
	5	粉状	有	デトランプ		
	6	塊状	有	"		
24	1	塊状		フ レ ス コ		
	2	"	有	"		
	3	"		セ ッ コ		
	4	"	有	デトランプ		

り、水に溶解易くなり白色塩類として壁の表面に析出したのであろう。

表面のひび割れについても、塊状石灰の方が少なかった（塊状石灰 2 区分に対して粉状石灰 8 区分）。これも同様に、製造工程での粉碎の有無で説明がつくだらう。塊状石灰を用いた野呂は、石灰粒子がまだ大きいためにその間に多くの間隙があり、石灰が炭酸塩化ないし含水率変化して体積が変わって<sup>注3)</sup>もひび割れを起しにくいのであろうと推察される。

### 3-2 壁画技法による違い

水の上昇に関しては、5 種類の技法による違いはあまり見られなかった。むしろ、12と23の壁（一部分同じ材料技法を用いている）で平均して 10cm もの違いがあることから、水の上昇

## 3. 実験の結果

### 3-1 壁画材料による違い

水の上昇についての結果を図-4に示す。漆喰を塗ってない石壁に比べて、漆喰を塗ってある壁は水の上昇が大きいことがわかる。即ち、水の上昇は主に壁表面の漆喰によっている。漆喰の塗ってない石壁においても、水は石と石の間を埋めているセメントをつたわって上昇していた（図-6）。

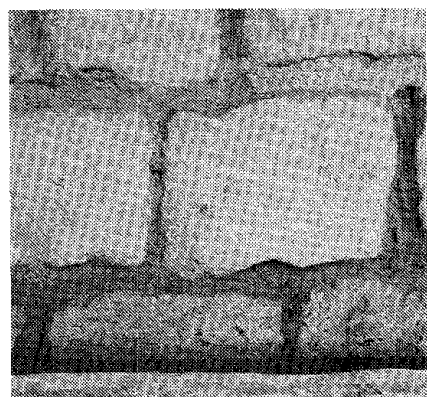


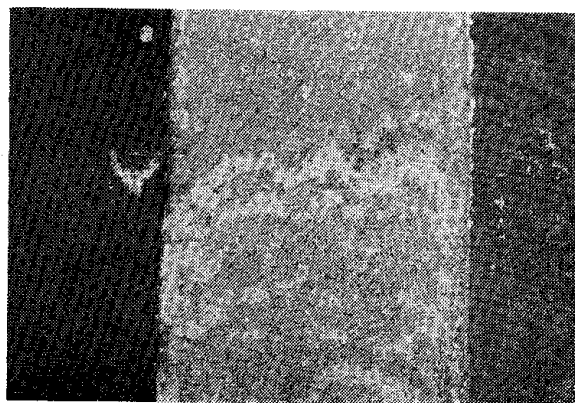
図-6 石と石の間のセメントを伝わって水が上昇している様子

Fig. 6 View of water rising through the cement

実験を開始して20日後に、上昇する水の縁にそって白い塩類が析出した（図-7）。塊状石灰を用いた壁では16区分の内わずか1区分にしか塩類が析出なかったのに対して、粉状石灰を用いた壁では16区分の半分以上9区分に塩類が析出した（表-2）。これは恐らく漆喰の製造方法<sup>注1)</sup>に原因していると考えられる。粉状石灰はその製造工程で細かく粉碎されることによ



図一7 上昇した水の縁にそって析出した白い塩類  
Fig. 7 Efflorescence of salts at the edge of rising water



図一8 塩類の析出による緑青の剥落  
Fig. 8 Falling of pigments by efflorescence of salts

は漆喰の違いによるだけでなく、石壁の状態にもよっていることを示している。実際に、実験壁基部の水溜めを空にしてから後も10日間は継続して水が上昇し、水の上昇は主に表面の漆喰によるとは言え、石壁に含まれる水分にもかなり支配されることがわかった。

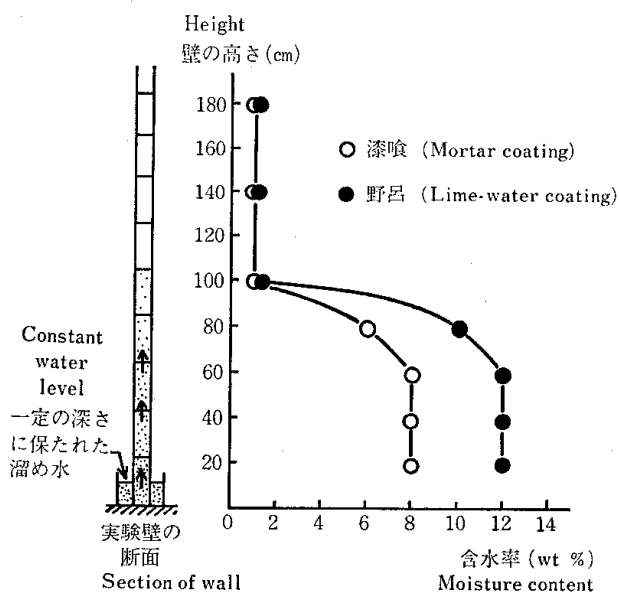
壁表面の彩色は、一年間の風化により実験前に既にいくらか傷んでいた。特に、緑青についてその傷みはひどく、浮き上ったり剥落したりしている部分があった。これは日本でも良く経験する所で、緑青の粒子が他の黄土などの顔料の粒子に比べて大きくて接着が悪いためである。

実験開始前の緑青の状態を比べてみると、最も保存の良かったのは、フレスコで野呂のないものである。逆に最も悪かったのはフレスコ・セッコで野呂の上に彩色したものであった。さらに、この実験中でも、フレスコ・セッコで野呂の上に彩色したものは、塩類の析出により彩色（特に緑青）が浮き上り剥落する現象が見られた。

表一2でわかるように野呂はひび割れを生じ易く、それがしばしば顔料の剥落をひきおこしている。野呂のひび割れの原因は、図一9に示すように野呂が漆喰に比べ、より多くの水を含むためであろうと考えられる。含水率の大きな変化は野呂の表面にひび割れをひき起し易く、先に述べたように、そこに用いられた石灰が粉碎され細かい粉状石灰ならば、とりわけその傾向が強い。

#### 4. ま と め

この実験の結果からすれば、壁画の材料技法の違いは、地下水の上昇にそれほどの影響は与えていない。しかし壁画表面への塩類の析出、ひび割れの発生という面から見れば、材料としての石灰は、粉状石灰より塊状石灰の方が良い。また壁画技法についても、野呂を用いずにフレスコで彩色したものが最も丈夫であった。これらのことは、古来経験的に言われて来たこと



図一9 漆喰と野呂の壁の高さによる含水率の違い  
Fig. 9 Moisture content of the wall as a function of height

と合致している。

### 注

- 1) 粉状石灰 (chaux en poudre) と塊状石灰 (chaux en pierre)

石灰の製造工程は次の通りである。石灰石 (炭酸カルシウム  $\text{CaCO}_3$ ) を  $900\text{--}1,000^\circ\text{C}$  で焼いて生石灰 (酸化カルシウム  $\text{CaO}$ ) をつくり、水を作用させ (消和), 消石灰 (水酸化カルシウム  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) とする。

ここで消和の前に石灰の粒子を細かく粉砕したのが粉状石灰で、それをしないのが塊状石灰である。当然、石灰粒子の細かい方が水に溶解易い。

現在のように工業的に石灰が生産される以前は、粉砕しない、粒子の粗い塊状石灰を壁画に用いていた。

- 2) 壁画の技法

《フレスコ (buon fresco)》

消石灰と砂を混合した漆喰を壁に塗り、まだそれが生乾きの内に彩色する方法である。乾くと顔料の表面に炭酸カルシウムの透明な皮膜ができて、大変丈夫である。

《フレスコ・セッコ (fresco secco)》

上述のようにして漆喰を塗って作った壁が乾いてから後、水溶の絵具で彩色する技法。

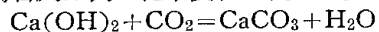
《デトランプ (detrempe)》

膠を用いて彩色する方法

《野呂 (lait de chaux)》

別名「あま」ともいう。石灰を水だけで練ってペースト状にしたもので、壁の上塗りに用いる。この場合は、野呂の上に上記の種類の技法で彩色している。

- 3) 消石灰は次の化学変化に従って炭酸カルシウムとなり硬化する



このように炭酸化の過程で水を滲出させるが、その体積は約10%増加し、粒子間隙を縮小させる<sup>3)</sup>。

### 文 献

- 1) Sadatoshi MIURA: Etude de la Remontée de l'Eau des Murs Expérimentaux, Rapport de Stage de LRMH (1979)
- 2) Marcel STEFANAGGI, Bernard CALLEDE: Experimental Study of Problems of Temperature and Humidity on the Surface of Mural Paintings, Preprints of Contributions to the Vienna Congress (1980)
- 3) Paola et Laura MORA, Paul PHILIPPOT: La Conservation des Peintures Murales, Editrice Compositori, Bologne (1977)

## Experimental Study of the Capillary Action of Water on the Surface of Mural Paintings

Sadatoshi MIURA

This is a student paper (original in French) carried out from April to June 1979 at the Laboratoire de Recherche des Monuments Historiques (LRMH), Paris.

Walls were specially constructed by LRMH in the spring of 1978 with various types of plasters and pigments. The base stood in a tank fed with water of a constant level to bring about capillary action (Fig. 1, Fig. 2).

The moisture content of the walls was measured by resistance. A relationship between the actual dampness and the reading of the instrument was established at first (Fig. 3).

Fig. 4 shows that the moisture rose particularly through the mortar (Fig. 5) and that the two types of plasters (limestone and powdered lime) were not very effected by the rising damp.

As to fissures and efflorescence of salts, some interesting observations were obtained.

1. The limestone behaves better than the powdered lime. Salts effloresced on the surface of most of walls made of the latter (Fig. 7, Fig. 8).
2. The lime-water coatings had higher moisture contents than the mortar coatings (Fig. 9). Fissures occurred often on the lime-water coatings.
3. Among the examined techniques (buon fresco, fresco-secco, detrempe), buon fresco without lime-water proved most resistant.

These results confirm the facts as currently observed in practice.

The author would like to thank Mr. Stefanaggi, chef de LRMH, and his colleagues for their many kindnesses during his study.

保存科学 第 19 号 (1980) に対する訂正

三浦定俊著「X線コンピュータ断層撮影の文化財への応用——木心乾漆像の調査」の論文で、「木心乾漆像」を「木彫像」と訂正させていただきます。

著 者